

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 22 OCT 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 46 723.4

**Anmeldetag:** 08. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Anordnung zur Ermittlung von  
Signaldegradationen in Anwesenheit von  
Signalverzerrungen

**IPC:** H 04 B 10/08

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 8. Oktober 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Scholz



## Beschreibung

Verfahren und Anordnung zur Ermittlung von Signaldegradationen in Anwesenheit von Signalverzerrungen

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung von Signaldegradationen in Anwesenheit von Signalverzerrungen nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 und zwei Anordnungen nach den Oberbegriffen der Patentansprüche 18 und 22.

10

Die Bestimmung der optischen Signalqualität sowie der Ursachen von Signalstörungen vorzugsweise in WDM-Netzwerken (WDM = Wavelength Division Multiplex) der nächsten Generation ist von großer Bedeutung für den Betrieb optischer Netze. So muss beispielsweise die Qualität von einzelnen Kanälen eines übertragenen WDM-Signals gemessen werden, um eine sogenannte Preemphase bzw. eine Verkippung der Leistungspegel der optischen Kanäle zu steuern und somit die Systemperformance zu optimieren. Zur Problemvermeidung und -beseitigung müssen auftretende Fehler lokalisiert und ihre Ursache schnell bestimmt werden. Die Aufgabe der Signalqualitäts- und Fehlerursachenbestimmung ist ein zentrales und bislang nicht gelöstes Problem in optischen Netzwerken der nächsten Generation.

15

20

Eine derzeit verwendete Methode zur Bestimmung der Signalqualität ist die Messung der Signal-Rauschabstände OSNR (Optical Signal-to-Noise Ratio) mittels eines optischen Spektrumsanalysators OSA (Optical Spectrum Analyzer). Hierzu wird das Verhältnis zwischen Signalleistung und Rauschpegel seitlich neben der Signalfrequenz eines Kanals berechnet. Implizit geht man dabei davon aus, dass die Rauschpegel bei und direkt neben der Signalwellenlänge des Kanals gleich sind

30

Bei diesem Verfahren treten jedoch gleich mehrere Probleme auf.

35

Bei Verwendung von optischen Filtern (z.B. Multiplexer oder Demultiplexer, Interleaver, Einzelkanalfilter) in „Optical Add-Drop Multiplexern“ OADM oder „Optischen Crossconnects“ OXC, wie sie in heutigen Systemen zunehmend vorhanden sind, ist die Annahme, dass die gemessenen Rauschpegel neben und bei der Signalwellenlänge gleich sind, nicht mehr zulässig. Dies gilt ebenso, wenn ein zu geringer Wellenlängenabstand benachbarter Kanäle zu einer Überlappung der Signalflanken führt. Des weiteren können durch spektrale Verbreiterung z.B. durch Selbstphasenmodulation SPM, Kreuzphasenmodulation XPM, oder Datenratenüberhöhung bei Signalen mit „Forward Error Correction“ FEC die Messergebnisse verfälscht werden.

Die derzeitige Messmethode der Signal-Rauschabstände OSNR mittels optischer Spektrumsanalyse erfasst zudem keine Signalverschlechterungen, die durch nichtlineare Effekte wie Selbstphasenmodulation SPM, Kreuzphasenmodulation XPM, stimulierte Ramanstreuung SRS, Vierwellenmischung FWM, bzw. durch Übersprechen oder Dispersion GVD hervorgerufen werden.

Eine alternative Methode zur Bestimmung des OSNR nutzt die unterschiedlichen Polarisations-eigenschaften von Signal und Verstärkerrauschen (ASE) aus. Diese Methode („Polarisation Nulling“) basiert auf der Bestimmung des Verhältnisses zwischen polarisiertem Signal und unpolarisiertem Rauschen.

Die Bestimmung der Signalqualität mit Hilfe eines gemessenen optischen Spektrums ist aus den oben genannten Gründen nicht mehr ausreichend für optische Datenübertragungssysteme. Andere Verfahren besitzen eine deutlich bessere Aussagekraft über die Signalqualität. Ein zu nennendes Beispiel wäre hier die Methode der Q-Messung, bei der ein zweiter Entscheider in seiner Entscheidungsschwelle gegen die Entscheidungsschwelle des Referenzentscheiders verschoben wird. Trägt man die Bitfehlerrate über der verstimmteten Entscheidungsschwelle auf, so kann man unter Annahme von gaussartigem Rauschen die optimale Bitfehlerrate bestimmen. Bei bekannter Bitsequenz kann man zudem

aus dem direkten Vergleich von gesendetem und empfangenem Bitmuster die Bitfehlerrate bestimmen. Bei Systemen mit „Forward Error Correction“ FEC oder „Enhanced Forward Error Correction“ EFEC können die korrigierten Bits als Maß für die Signalqualität herangezogen werden.

Bei Aufnahme von Augendiagrammen zur Bestimmung der Signalqualität werden mit Hilfe einer schnellen Photodiode die Leistungspegel des optischen Signals oder eines seiner Kanäle synchron abgetastet. Eine variable Verzögerungsleitung sorgt dafür, dass nicht nur in der Bitmitte sondern auch links und rechts von dieser gemessen werden kann. Man erhält auf diese Weise die Überlagerungen der Leistungspegelverläufe vieler Bits in einem Diagramm. Je größer die innere Öffnung, das sogenannte Auge, ist, desto besser kann ein Entscheider im Empfänger zwischen gesendeten „Nullen“ und „Einsen“ unterscheiden und desto fehlerfreier ist die Signalübertragung. Beim EAS (Electrical Amplitude Sampling) wird die Häufigkeitsverteilung der Amplitudenwerte der empfangenen „Nullen“ und „Einsen“ gemessen und hieraus die Signalqualität bestimmt werden. Im synchronen Fall geschieht dieses stets zu einem festen Abtastzeitpunkt. Dieser liegt meist in der Bitmitte.

Aussagen über die Signalqualität kann man ausgehend von gemessenen Amplitudenhistogrammen aus Breite und Lage der Maxima oder im Augendiagramm aus der Augenöffnung erhalten. Bei Störungen hervorgerufen durch Rauschen oder rauschartige Effekte verbreitern sich die Verteilungen der „Nullen“ und der „Einsen“ im Amplitudenhistogramm und der freie Bereich im Augendiagramm verringert sich. Signalverschlechterungen hervorgerufen durch Rauscheffekte können nicht kompensiert werden.

Die bloße Bestimmung der Signalqualität reicht jedoch zur Erkennung der Fehlerursachen nicht aus. Es müssen Aussagen über den Ursprung eventueller Signalverschlechterungen getroffen werden. In zukünftigen optischen Übertragungsnetzen werden Signalkanäle unterschiedlicher Herkunft an Knotenpunkten wie

bei schon erwähnten OADMs oder OXCs zusammen geschaltet und über eine gemeinsame Faser weiter übertragen. Da die verschiedenen Kanäle unterschiedliche Historien bezüglich ihrer erlittenen Signalverschlechterungen besitzen, kann zur Bestimmung der Störquelle nicht die Gesamtheit der Signalkanäle betrachtet werden. Es ist vielmehr sinnvoll Informationen über die Qualität und eventuelle Störursachen eines Datenkanals direkt aus Messungen, die an dem zu betrachtenden Kanal durchgeführt wurden, zu extrahieren. Es wird vorgeschlagen, ein adaptives optisches Filter zur Minimierung der Signalverzerrungen zu benutzen. Aus „An Adaptive Optical Equalizer Concept for Single Channel Distortion Compensation“, M. Bohn et al., ECOC 2001, Amsterdam, MO.F.2.3 ist eine Anordnung bekannt, bei der mittels einer Einstellung von Durchlasseseigenschaften eines adaptiven optischen Filters eine Entzerrung eines optischen Signals bei Dispersion GVD, Selbstphasenmodulation SPM und Polarisationsmodendispersion PMD ermöglicht wird. Anhand von Simulationen wird die Augenöffnung des gemessenen verzerrten Signals nach Durchlass in das adaptive optische Filter als FIR-Filter (FIR = Finite Impulse Response) bis zur 10. Ordnung und für unterschiedliche Bandbreite FSR (Free Spectral Range) zur Phasenverzögerung berechnet. Durch eine passende Einstellung des adaptiven optischen Filters wird gezeigt, dass eine effektive Kompensation der Signalverzerrungen zur Einebnung der Signalqualität eines Kanals erreicht wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und dementsprechende Anordnungen anzugeben, bei denen mittels eines adaptiven optischen Filters Aussagen über wesentliche Ursachen von Signaldegradationen sowie die Signalqualität eines übertragenen optischen Signals geliefert werden.

Eine Lösung der Aufgabe erfolgt hinsichtlich ihres Verfahrensaspekts durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und hinsichtlich ihres Anordnungsaspekts durch

zwei Anordnungen mit den Merkmalen der Patentansprüche 18 und 22.

5 Erfindungsgemäß werden vordefinierte Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Filters eingestellt, die jeweils einen Einfluss auf eine oder mehrere Signalverzerrungen haben.

10 Eine oder mehrere Messungen eines oder mehrerer Qualitätsparameter werden am Ausgang des adaptiven optischen Filters durchgeführt. Damit kann eine Aussage gemacht werden, durch welche wesentlichen signalbeeinflussenden Effekte das gemessene Signal beeinträchtigt ist. Hier wird zwischen deterministischen Signalverzerrungen und rauschartigen Störungen unterschieden. Das adaptive Filter kann nur deterministische  
15 Signalverzerrungen beeinflussen, d. h. z.B. alle Verzerrungen wegkompensieren oder nur Dispersion entzerren. Ferner können Kompensationen des optischen Signals durch optimierte Einstellungen des adaptiven optischen Filters durchgeführt werden. Dieser Aspekt wurde schon im Stand der Technik erläutert.  
20 tert. Es können trotzdem damit auch nach dem Ausschlussprinzip Aussagen über die rauschartigen Störungen gemacht werden. Wenn z. B. die Signal-Rauschabstände OSNR zusätzlich hinter dem adaptiven optischen Filter gemessen werden (z.B. mit Polarization Nulling oder mit einem optischen Spektrumanalysator oder bei Amplitudensampling), dann können ebenfalls verschiedene rauschartige Störungen (z.B. ASE, FWM, XPM, etc) unterschieden werden.

30 Weitere - eventuell kombinierte - Qualitätsparameter können verwendet werden. Hauptsache ist es, dass der gewählte Qualitätsparameter eine Aussage über Signalverzerrungen oder über rauschartige Störungen oder über beides liefert.

35 Bei breitbandigen optischen Signalen wie in typischen WDM-Übertragungssystemen wird ein spektraler Anteil z. B. bei einer Kanalwellenlänge vor dem Einspeisen des Signals in das adaptive optische Filter isoliert. In vorteilhafter Weise

wird dem adaptiven optischen Filter lediglich eine schnelle Fotodiode mit einem nachgeschalteten Modul zur Messung des Qualitätsparameters nachgeschaltet. Die Fotodiode kann auch im Modul zur Messung des Qualitätsparameters integriert werden. Bei verschiedenen Einstellungen der Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Filters werden mehrere Werte des Qualitätsparameters gespeichert und mit dem Wert des Qualitätsparameters bei vollem Durchlass des adaptiven optischen Filters verglichen. Somit erhält man ein Maß der Beeinträchtigung des optischen Signals bezüglich einer Signalstörung. Die Verwendung des adaptiven Filters in der optischen Domäne ist vorteilhaft, da die Signalbeeinflussung noch vor der Fotodiode (und damit vor dem Verlust der Phaseninformation) stattfindet und einzelne Effekte so leichter bestimmt werden können.

Gewählte Einstellungen der Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Filters können gleichzeitig einen gemeinsamen Einfluss auf mehr als eine Signalverzerrung haben. Deshalb werden auch Gruppen von Messungen bei unterschiedlichen Einstellungen betrachtet, damit eindeutige Aussage über eine oder mehrere Signalverzerrungen geliefert werden.

Nach Ermittlung der Signalverzerrungen kann weiterhin eine Aussage über die restlichen Rauschanteile (z. B. Verstärkungsrauschen) oder weitere Störungen (FMW = Four Wave Mixing, SRS, etc) gemacht werden. Optional kann dafür zusätzlich ein optischer Spektrumanalysator oder ein weiteres geeignetes Qualitätsmessgerät dem adaptiven optischen Filter angeschlossen werden.

Dieses Verfahren ist an jedem Messort des Übertragungssystems einsetzbar, z. B. bei einer Add-Drop-Einrichtung mittels einer Auskoppeleinrichtung. Die gelieferten Aussagen können z. B. über das Netzwerkmanagement ausgewertet werden, damit z. B. kanalselektive Änderungen von Übertragungseigenschaften vorgenommen werden. Alternativ kann auch eine einfache trag-

5 bare Rechneinheit wie ein normaler Computer verwendet werden. Dadurch können ebenfalls durch Auskopplung des Signals oder durch Verwendung eines Überwachungskanals an einem beliebigen Messort eine Messung und eine Analyse von Signaldegradationen durchgeführt werden.

Eine geeignete Anordnung wird bei dem Einsatz eines ein- oder zwei-stufigen Verstärkers zur Anpassung des gemessenen Signals an der Messdynamik dargestellt.

10 Eine weitere kostengünstigere Anordnung wird ebenfalls dargestellt.

15 Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert.

20 Dabei zeigen:

Fig. 1: eine prinzipielle Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2: eine detaillierte Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 3: eine kostengünstige Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

30 In Fig. 1 wird eine prinzipielle Anordnung beschrieben, die eine Ermittlung von Signaldegradationen bzw. -verzerrungen eines in einem Übertragungssystem übertragenen optischen Signals S ermöglicht. An einem Messort des Übertragungssystems wird ein Anteil des optischen Signals S einem adaptiven optischen Filter F zugeführt und anschließend gemäß einem Qualitätsparameter aus einer Messeinheit ME gemessen. Als Messeinheit wird z. B. ein elektrischer Spektrumanalysator oder ein  
35 Leistungsmesser bei einem dem adaptiven optischen Filter F



vorgeschalteten Bandpassfilter BPF zur Isolierung einer optischen Kanalwellenlänge verwendet. Dafür ist ein optisch-elektrischer Wandler OEW dem adaptiven optischen Filter F und der Messeinheit zwischengeschaltet. Der optisch-elektrische Wandler OEW ist jedoch oft in der Praxis in der Messeinheit ME integriert). Hier wird eine schnelle Fotodiode verwendet. Die Verwendung des adaptiven Filters F in der optischen Domäne ist vorteilhaft, da die Signalbeeinflussung noch vor der Fotodiode OEW (und damit vor dem Verlust der Phaseninformation) stattfindet und einzelne Effekte so leichter bestimmt werden können. Der Messeinheit ME ist eine Ermittlungseinheit EE der Signalqualität mit wenigstens einem Qualitätsparameter wie OSNR, Bitfehlerrate, Q-Faktor oder eine Anzahl von korrigierten Bits bei FEC/EFEC oder zur Messung von Polarisationsneffekten nachgeschaltet. Insbesondere liefert der gewählte Qualitätsparameter bzw. die Messeinheit EE eine Aussage über Signalverzerrungen und weiterhin über restliche rauschartige Störungen wie OSNR. Die Ermittlungseinheit ist in diesem Ausführungsbeispiel in einem Rechner PC integriert, der ebenfalls die Einstellungen des adaptiven optischen Filters F mittels eines Regelsignals RS steuert. Die Einstellungen könnten auch direkt von einem Netzwerkmanagement gesteuert werden.

Verfahrensmäßig wird eine erste Messung M0 des oder der Qualitätsparameter bei durchlässiger Einstellung des adaptiven optischen Filters F durchgeführt. Eine Bypass-Schaltung kann auch für den vollen Durchlass des Signals verwendet werden. Weitere Messungen M1, M2, ... des Qualitätsparameters werden durch verschiedene Einstellungen von im Rechner PC vordefinierten Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Filters F durchgeführt, die jeweils Einfluss auf eine der Signalverzerrungen haben und aus denen ein Optimum des Qualitätsparameters ermittelt wird.

Als Messung M1 kann das adaptive optische Filter F z. B. auf verschiedene Dispersionswerte eingestellt werden. Die Signal-

qualität als Funktion der Dispersion wird gemessen und man erhält die optimale Dispersionskompensationseinstellung sowie die Signalqualität bei optimaler Dispersionskompensation. Auf diese Weise kann unabhängig von der akkumulierten Dispersion die wirkliche Signalqualität an einem beliebigen Punkt im optischen Übertragungssystem bestimmt werden. Zudem kann an diesem Punkt auch die Dispersionstoleranz bestimmt werden, die ein Maß dafür ist, wie genau man die Restdispersion einstellen muss, um eine gewisse Bitfehlerrate zu erreichen.

10

Als Messung M2 wird die Signalqualität mittels des adaptiven optischen Filters F optimiert. Mit Hilfe dieser Einstellung werden sämtliche Verzerrungseffekte unabhängig von Ihrer Ursache beeinflusst oder kompensiert. Auf diese Weise erhält man die bestmögliche Signalqualität nach einer Entzerrung des Signals. Nur rauschartige Störungen wie z. B. Verstärkerrauschen, FWM oder SRS führen jetzt noch zu einer Signalverschlechterung. Weiter können auch gezielt Verzerrungen nur hervorgerufen durch z. B. SPM kompensiert werden. Man erhält dadurch Aussagen, welcher Störeffekt das Signal in welcher Weise beeinflusst.

15

20

30

35

Mit Hilfe dieses Verfahrens kann beispielsweise durch den Vergleich der Signalqualität, die bei den genannten drei Einstellungen des adaptiven optischen Filters F und bei den entsprechenden Messungen M0, M1, M2 gemessen wurden, entschieden werden, ob eine Signalverschlechterung durch Dispersion, andere Verzerrungen, oder durch rauschartige Effekte hervorgerufen wurde. Die Bestimmung der Signalqualität bei optimaler Dispersionskompensation erlaubt eine zuverlässige Aussage über die Signalqualität am Messort und über den Status der Dispersionskompensation. Weiter kann der Einfluss verschiedener Filtereinstellungen auf die Ergebnisse der unterschiedlichen Messmethoden zur Signalqualitätsanalyse bestimmt und als Aussagekriterium genutzt werden. Werden zusätzlich Signal-Rauschabstände OSNR gemessen, ist wie oben schon erwähnt eine Unterscheidung von rauschartigen Effekten ermöglicht. Ein

oder mehrere Qualitätsparameter können ebenfalls Aussagen über Polarisisationseffekte (z.B. PDL-Polarisation Dependent Loss, PMD-Polarisation Mode Dispersion, DGD-Differential Group Delay, DOP-Degree of Polarization, etc) liefern.

5

Aufgrund des adaptiven optischen Filters F kann an jedem Netzelement einer optischen Übertragungsstrecke die tatsächliche Signalqualität, unabhängig von der akkumulierten Dispersion der Übertragungsstrecke gemessen werden. Die Dispersion führt zu Signalverzerrungen, die prinzipiell durch DCF (Dispersion Compensating Fiber) oder weitere Kompensationsmethoden wieder rückgängig gemacht werden können. Die Signalqualität im Kanal kann als Funktion unterschiedlicher Filterparameter gemessen werden, und ermöglicht eine Signal- und Fehleranalyse. Die Signalqualitätsanalyse kann verschiedene Methoden und auch mehrere Methoden gleichzeitig umfassen. Unterschiedliche Signalstörungen wie Dispersion, SPM oder rauschartige Störungen (Verstärkerrauschen, FWM, SRS, etc.) können erfasst und unterschieden werden.

20

Da die verschiedenen Kanäle unterschiedliche Historien bezüglich ihrer erlittenen Signalverschlechterungen haben, ist es jetzt möglich, Informationen über die Ursache von Signalverschlechterungen aus der kanal-selektiven Analyse des gesamten WDM-Signals S abzuleiten.

25

In Fig.2 ist eine Anordnung zur Ermittlung von Signaldegradationen eines über ein Übertragungssystem übertragenen optischen breitbandigen Signals S beschrieben, von dem mindestens ein spektral- oder/und amplitudenmäßiger Anteil S1 mittels eines Kopplers KO ausgekoppelt und einem adaptiven optischen Filter F zugeführt wird. Hier wird allerdings der spektrale Anteil des Signals S mittels eines einem breitbandigen Koppler KO nachgeschalteten Bandpassfilters BPF0 selektiert. Dem adaptiven optischen Filter F sind eine Messeinheit ME und eine Ermittlungseinheit EE zur Ermittlung eines oder mehrerer Qualitätsparameter nachgeschaltet. Dem adaptiven optischen

30

35

Filter F ist eine Steuereinheit SE wenigstens zur Durchschaltung und/oder zur Beeinflussung auf Signalverzerrungen bis zur Entzerrung des optischen Signals S durch Einstellungen vordefinierter Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Filters F geschaltet.

Ein Bandpassfilter BPF0 ist dem Koppler KO nachgeschaltet. Dadurch wird z.B. bei Multiplex-Signal S ein Kanal des Signals S isoliert und weiter übertragen. Dem Bandpassfilter BPF0 ist ein Verstärker V1 mit einem nachgeschaltetem weiteren Bandpassfilter BPF1 nachgeschaltet. Der Verstärker V1 passt das verstärkte Signal an die Messdynamik eines gemäß Fig. 1 optisch-elektrischen Wandlers an. Der Bandpassfilter BPF1 sorgt auch dafür, dass Rauschanteile wesentlich aus ASE (Amplified Spontaneous Emission) unterdrückt werden. Optional ist dem Koppler KO und dem Bandpassfilter BPF0 ein Verstärker V0 als Booster des Signalanteils S1 zwischengeschaltet.

Eine an den adaptiven optischen Filter zugeschaltete Steuereinheit SE dient zur Steuerung eines Moduls zur Beeinflussung des Phasen- und/oder Amplitudenganges des optischen Signals, das in dem adaptiven optischen Filter F integriert ist. Das am Ausgang des adaptiven optischen Filter F gefilterte Signal S2 wird der Messeinheit ME zugeführt. Anschliessend erfolgt die Qualitätsmessung gemäß Fig. 1 mittels der Ermittlungseinheit EE.

Ferner ist ein Kommunikationsmittel KM zwischen der Steuereinheit SE und der Ermittlungseinheit EE bzw. der Messeinheit ME verwendet, um einerseits ein Status der Einstellung des adaptiven optischen Filters F an der Ermittlungseinheit oder einer weiteren Kontrolleinheit zu liefern, andererseits um eine Regelung des adaptiven optischen Filters F aus der Ermittlungseinheit EE durchzuführen. Deshalb ist der Kommunikationsmittel KM am besten direktional vorgesehen.

In der Ermittlungseinheit oder in der weiteren Kontrolleinheit kann eine Tabelle zur Registrierung der signalbeeinflussenden Effekte nach entsprechenden Einstellungen der Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Filters F bei Neueinstellungen der Durchlasseigenschaften erzeugt werden. Die Registrierung ermöglicht eine Analyse oder eine Trennung der signalbeeinflussenden Effekte je nach Einstellung der Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Filters F. Ferner können die Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Filters F aus einer Analyse eines der ermittelten Qualitätsparameter bezüglich einer oder einer Gruppe von Signaldegradationen geregelt werden. Durch eine vordefinierte Variation der Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Filters F ist eine Analyse oder/und eine Trennung der Signalqualität bezüglich verschiedener signalbeeinflussender Effekte möglich. Weiterhin kann das Signal bezüglich eines oder mehrerer Qualitätsparameter mittels geeigneter Einstellparameter des adaptiven optischen Filters F optimiert werden, und aus den Einstellparametern Rückschlüsse auf die Signaldegradationen gezogen werden.

In Fig. 3 ist eine als in Fig. 2 kostengünstige Anordnung zur Messung von Signaldegradationen eines über ein Übertragungssystem übertragenen optischen breitbandigen Signals S dargestellt, dessen mindestens ein amplitudenmäßiger Anteil S1 mittels einem Koppler KO ausgekoppelt und einem adaptiven optischen Filter F zugeführt wird. Dem Koppler KO und dem adaptiven optischen Filter F sind ein erster Zirkulator C1, weiterhin ein Bandpassfilter BPF0 und anschließend ein zweiter Zirkulator C2 zwischengeschaltet. Am Ausgang des adaptiven optischen Filters F ist eine optische Signaleückführung FB zur Übertragung des gefilterten Signals S2 zum zweiten Zirkulator C2 geschaltet. Das gefilterte Signal S2 wird einer Messeinheit ME einer Signalqualität gemäß Fig. 2 über dem Zirkulator C2, dem Bandpassfilter BPF0 und dem ersten Zirkulator C1 abgegeben. Dem adaptiven optischen Filter F ist eine Steuereinheit SE wenigstens zur Durchschaltung und/oder zur

Beeinflussung von Signalverzerrungen bis zur Entzerrung des optischen Signals S zugeschaltet ist. Dem Bandpassfilter BPF0 und dem zweiten Zirkulator C2 ist ein Verstärker V1 zwischengeschaltet. Der Verstärker V1 kann auch in der optischen Signa-  
5 nalrückführung FB beliebig angeordnet ist, d. h. dem adaptiven optischen Filter F vor- oder nachgeschaltet werden. Dem Koppler KO und dem ersten Zirkulator C1 ist optional ein Verstärker V0 als Booster wie in Fig. 2 zwischengeschaltet.

10 Der wesentliche Vorteil der in Fig. 3 dargestellten Anordnung besteht darin, dass ein der beiden Bandpassfilter BPF0, BPF1 gemäß Fig. 2 erspart wird und dadurch zur Senkung der Kosten führt.

15 Die Funktionalität sowie die weiteren Komponenten ME, EE, KM, SE dieser Anordnung ist gemäß Fig. 1 bzw. 2 identisch.

In beiden Anordnungen gemäß Fig. 2 und 3 ist ein optisch-elektrischer Wandler der Messeinheit ME vorgeschaltet.

20

Beide Anordnungen können ebenfalls am Ende einer Übertragungstrecke oder z. B. am Ausgang eines Add-Drop-Modules angeschlossen werden. Dadurch sind der Koppler KO und der Verstärker V0 nicht mehr erforderlich.

Die verwendeten Bandpassfilter BP0, BPF1 bzw. BPF0 als Kanalselektoren sind in den vorher erläuterten Ausführungsbeispielen als variable Wellenlängen-Filter zum selektiven Durchlass eines optischen Kanals bei einer Wellenlängen-Multiplex-  
30 Technik vorgesehen. Durch einen Einsatz geeigneter Kanalselektoren kann das erfindungsgemäße Verfahren für unterschiedliche Multiplex-Techniken (Polarisation-Multiplex, Time-Division-Multiplex, etc) angewendet werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung von Signaldegradationen eines in einem Übertragungssystem übertragenen optischen Signals (S),  
5 bei dem an einem Messort des Übertragungssystems mindestens ein Anteil des optischen Signals (S) einem adaptiven optischen Filter (F) zugeführt wird und anschließend gemäß einem oder mehrerer Qualitätsparameter gemessen wird, dadurch gekennzeichnet,  
10 dass eine erste Messung (M0) des oder der Qualitätsparameter bei durchlässiger Einstellung oder unter Umgehung des adaptiven optischen Filters (F) durchgeführt wird, dass weitere Messungen (M1, M2, ...) des oder der Qualitätsparameter mit vordefinierten Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Filters (F) durchgeführt werden, die jeweils  
15 Einfluss auf Signalverzerrungen haben.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
20 dass vor, zwischen oder nach den durchgeführten Messungen (M1, M2, ...) die Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Filters (F) zur Beeinflussung bzw. Kompensation einer oder mehrerer Signalverzerrungen neu eingestellt werden.
- 25 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei breitbandigem optischem Multiplex-Signal (S) ein spektral einstellbarer Anteil des optischen Multiplex-Signals (S) dem adaptiven optischen Filter (F) zugeführt wird.  
30
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Qualitätsparameter für eine Aussage über die Restdispersion und über weitere Signalverzerrungen des  
35 gefilterten Signals gemessen wird und daraus eine Kompensation durch eine Einstellung des adaptiven optischen Filters (F) durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der oder die Qualitätsparameter durch eine Messung von  
Augendiagrammen, Amplitudenhistogrammen, Q-Messungen, oder  
5 durch eine Messung von durch die FEC oder EFEC korrigierten  
Fehlern des vom adaptiven optischen Filter (F) abgegebenen  
und weiterhin optisch-elektrisch umgewandelten Signals er-  
folgt.
- 10 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein oder mehrere Qualitätsparameter für eine Aussage  
über rauschartige Störungen des gefilterten Signals gemessen  
werden.
- 15 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein oder mehrere Qualitätsparameter Aussagen über Pola-  
risationseffekte liefern.
- 20 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als adaptives optisches Filter (F) ein ein- oder mehr-  
stufiges FIR- oder ein IIR-Filter mit Regelung des Amplitu-  
den- und/oder Phaseganges des optischen Signals (S) verwendet  
wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
30 dass die Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Fil-  
ters (F) aus einer Analyse eines oder mehrerer der ermittel-  
ten Qualitätsparameter geregelt werden.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
35 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Fil-  
ters (F) aus Rechnersimulationen ermittelt werden.



11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass durch eine vordefinierte Variation der Durchlasseigen-  
schaften des adaptiven optischen Filters eine Analyse der  
Signalqualität bezüglich verschiedener signalbeeinflussender  
Effekte durchgeführt wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass durch eine vordefinierte Variation der Durchlasseigen-  
schaften des adaptiven optischen Filters eine Trennung ver-  
schiedener signalbeeinflussender Effekte durchgeführt wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Signal bezüglich eines oder mehrerer Qualitätspara-  
meter mittels geeigneter Einstellparameter des adaptiven op-  
tischen Filters (F) optimiert wird, und aus den Einstellpara-  
metern Rückschlüsse auf die Signaldegradationen gezogen wer-  
den.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Tabelle zur Registrierung der signalbeeinflussenden  
Effekte nach entsprechenden Einstellungen der Durchlasseigen-  
schaften des adaptiven optischen Filters (F) bei Neueinstel-  
lungen der Durchlasseigenschaften erzeugt wird.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass bei Feststellung einer Signalqualitätsänderung die er-  
zeugte Tabelle aktualisiert wird.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

dass als wesentliche signalbeeinflussende Effekte oder Gruppe von signalbeeinflussenden Effekten Dispersion, Verzerrungen, rauschartige Effekte und Polarisisationseffekte vorgesehen sind.

5

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere miteinander verbundene adaptive optische Filter F verwendet werden.

10

18. Anordnung zur Ermittlung von Signaldegradationen eines über ein Übertragungssystem übertragenen optischen breitbandigen Signals (S), von dem mindestens ein spektral- oder/und amplitudenmäßiger Anteil (S1) mittels eines Kopplers (KO)

15

ausgekoppelt und einem adaptiven optischen Filter (F) zugeführt wird,

dass dem adaptiven optischen Filter (F) eine Messeinheit (ME) und eine Ermittlungseinheit (EE) zur Ermittlung eines oder mehrerer Qualitätsparameter nachgeschaltet sind,

20

dadurch gekennzeichnet,

dass dem adaptiven optischen Filter (F) eine Steuereinheit (SE) wenigstens zur Durchschaltung und/oder zur Beeinflussung von Signalverzerrungen des optischen Signals (S) durch Einstellungen vordefinierter Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Filters (F) geschaltet ist.

19. Anordnung nach Anspruch 18,

dadurch gekennzeichnet,

dass ein Bandpassfilter (BPF0) dem Koppler (KO) nachgeschaltet ist.

30

20. Anordnung nach Anspruch 19,

dadurch gekennzeichnet,

dass dem Bandpassfilter (BPF0) ein Verstärker (V1) mit einem nachgeschaltetem weiteren Bandpassfilter (BPF1) nachgeschaltet ist.

35

21. Anordnung nach Anspruch 20,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass dem Koppler (KO) und dem Bandpassfilter (BPF0) ein Verstärker (V0) zwischengeschaltet ist.

5

22. Anordnung zur Messung von Signaldegradationen eines über ein Übertragungssystem übertragenen optischen breitbandigen Signals (S), dessen mindestens ein amplitudenmäßiger Anteil (S1) mittels einem Koppler (KO) ausgekoppelt und einem adaptiven optischen Filter (F) zugeführt wird,  
10 dadurch gekennzeichnet,  
dass dem Koppler (KO) und dem adaptiven optischen Filter (F) ein erster Zirkulator (C1), weiterhin ein Bandpassfilter (BPF0) und anschließend ein zweiter Zirkulator (C2) zwischengeschaltet sind,  
15  
dass am Ausgang des adaptiven optischen Filters (F) eine optische Signalrückführung (FB) zur Übertragung des gefilterten Signals (S2) zum zweiten Zirkulator (C2) geschaltet ist,  
dass das gefilterte Signal (S2) einer Messeinheit (ME) einer  
20 Signalqualität über dem Zirkulator (C2), dem Bandpassfilter (BPF0) und dem ersten Zirkulator (C1) abgegeben wird und  
dass dem adaptiven optischen Filter (F) eine Steuereinheit (SE) wenigstens zur Durchschaltung und/oder zur Beeinflussung von Signalverzerrungen des optischen Signals (S) zugeschaltet  
25 ist.

23. Anordnung nach Anspruch 22,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass dem Bandpassfilter (BPF0) und dem zweiten Zirkulator  
30 (C2) ein Verstärker (V1) zwischengeschaltet ist oder  
dass ein Verstärker (V1) in der optischen Signalrückführung (FB) angeordnet ist.

24. Anordnung nach Anspruch 23,  
35 dadurch gekennzeichnet,  
dass dem Koppler (KO) und dem ersten Zirkulator (C1) ein Verstärker (V0) zwischengeschaltet ist.

25. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 24,

dadurch gekennzeichnet,  
dass der Messeinheit (ME) eine Ermittlungseinheit (EE) eines  
5 oder mehrerer Qualitätsparameter geschaltet ist.

26. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 25,

dadurch gekennzeichnet,  
10 dass der Ermittlungseinheit (EE) und der Steuereinheit (SE)  
ein bidirektionales Kommunikationsmittel (KM) zwischenge-  
schaltet ist.

27. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 26,

15 dadurch gekennzeichnet,  
dass der Ermittlungseinheit (EE) ein Modul zur Analyse  
und/oder zur Trennung von Signaldegradationen zugeschaltet  
ist.

28. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 27,

dadurch gekennzeichnet,  
dass der Messeinheit (EE) ein optisch-elektrischer Wandler  
(OEW) vorgeschaltet ist.

29. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 28,

dadurch gekennzeichnet,  
30 dass das adaptive optische Filter (F) ein Modul zur Beein-  
flussung des Phasen- und/oder Amplitudenganges des optischen  
Signals aufweist und mittels der Steuereinheit (SE) gesteu-  
ert wird.

35 30. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 29,

dadurch gekennzeichnet,

dass das optische Signal (S) ein Multiplex-Signal mit mehreren optischen Kanälen ist und  
dass die Bandpassfilter (BPF0, BPF1) bzw. (BPF0) einstellbar kanalselektive Filter sind.

## Zusammenfassung

Verfahren und Anordnung zur Ermittlung von Signaldegradationen in Anwesenheit von Signalverzerrungen

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und mehrere Anordnungen zur Ermittlung von Signaldegradationen eines in einem Übertragungssystem übertragenen optischen Signals in Anwesenheit von Signalverzerrungen, bei dem an einem Messort des Übertra-

10

gungssystems mindestens ein Anteil des optischen Signals einem adaptiven optischen Filter zugeführt wird und anschließend gemäß einem oder mehrerer Qualitätsparameter gemessen wird. Eine erste Messung des Qualitätsparameters wird bei

15

durchlässiger Einstellung des adaptiven optischen Filters durchgeführt und weitere Messungen des Qualitätsparameters werden mit vordefinierten Durchlasseigenschaften des adaptiven optischen Filters durchgeführt, die jeweils Einfluss auf eine der Signalverzerrungen haben.. Eine Analyse oder eine

20

Trennung von signalbeeinflussenden Effekten oder Gruppen von Effekten wird dadurch ermöglicht.

Fig. 1

FIG 1

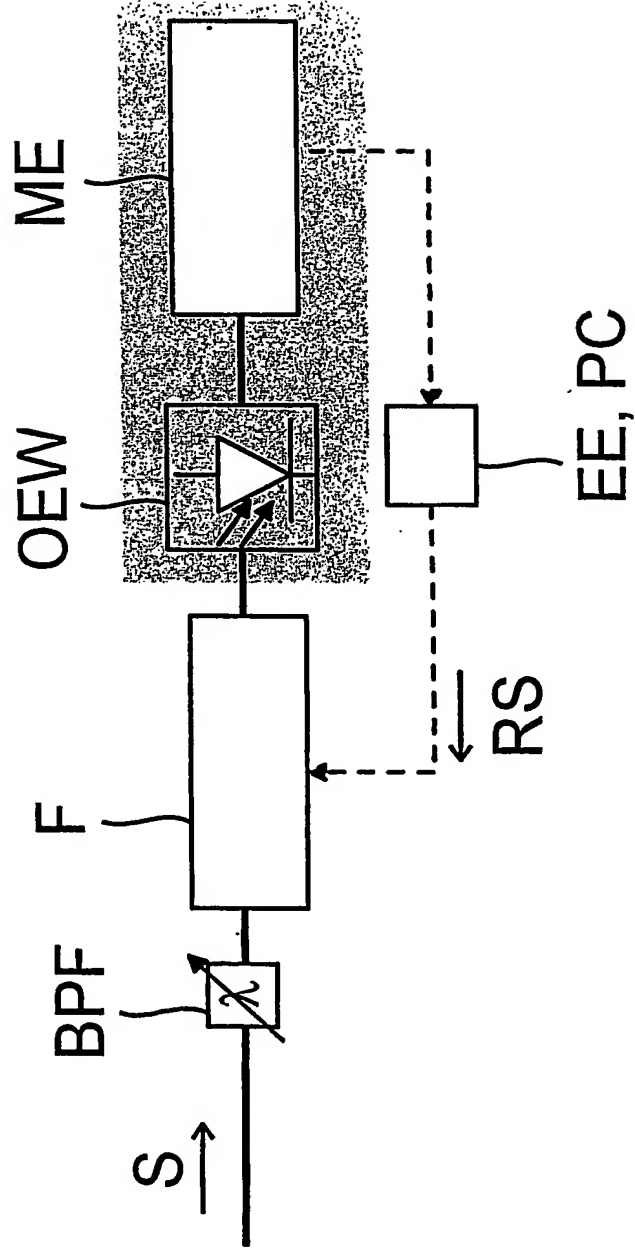


FIG 2

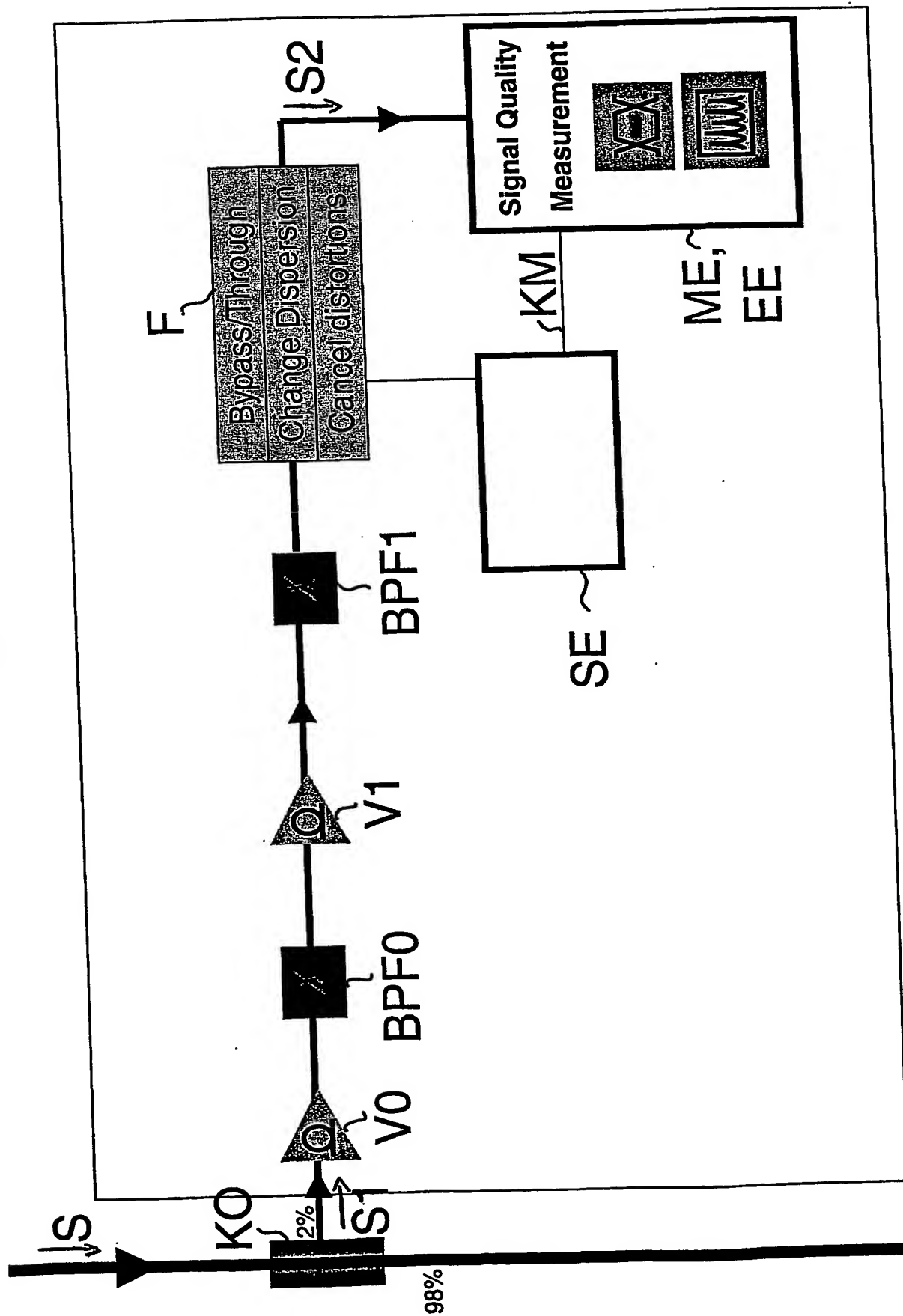
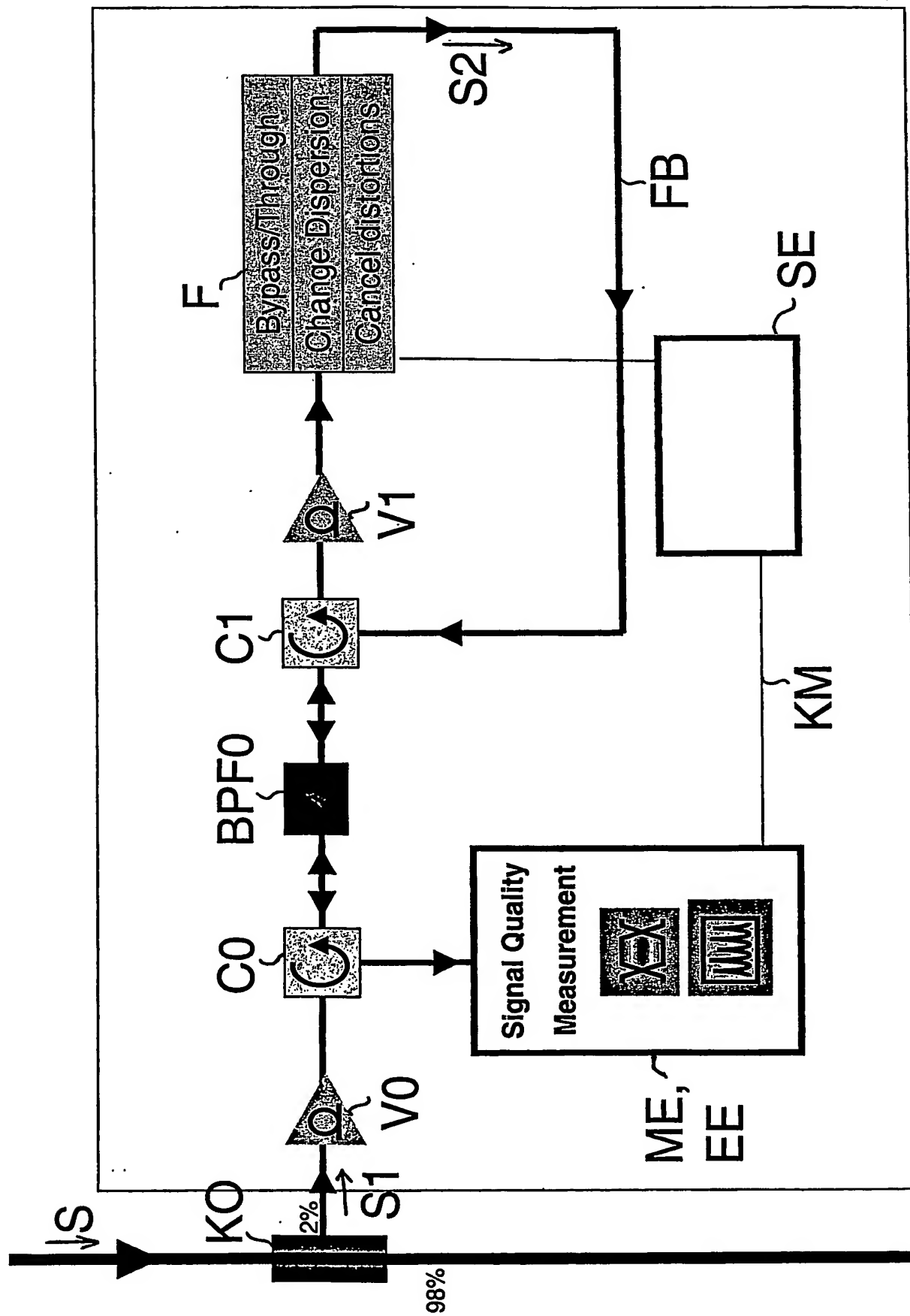




FIG 3



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**